

LA SEQUÍA METEOROLÓGICA Y LA VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE AGRÍCOLA EN LA ISLA DE MARGARITA, ESTADO NUEVA ESPARTA, VENEZUELA PERÍODO 1972-2004¹

Meteorological drought and variation of agriculture land in The Margarita
Island, Nueva Esparta state, Venezuela. Period 1972-2004

Eva Colotti, Margareth Cedeño y Cristian Montañez

RESUMEN

El fenómeno de la sequía se relaciona con la disminución de la precipitación pluvial que afecta al ecosistema y la economía. Para conocer su comportamiento se caracterizó espacial y temporalmente la sequía meteorológica en la isla de Margarita, para el periodo 1972–2004, determinando su magnitud mediante el *Índice de Precipitación Estandarizada*. La Variación de la superficie agrícola fue analizada con el *Índice de Dinámica Agrícola*, para determinar el aumento o disminución. En Margarita los meses secos son abril y mayo y los húmedos junio y diciembre, donde la sequía meteorológica se categorizó de ligeramente seco a sequía extrema, con secuencias secas más largas en duración trimestral; y a 12 y 24 meses, las secuencias se categorizaron de normal a ligeramente húmedo. Aun cuando la agricultura no es una actividad relevante, la superficie agrícola aumentó 74% para el periodo 1993-2004, rechazando la hipótesis sobre su disminución. En conclusión, la sequía se incrementó, llegando a valores SPI inferiores a 1.5 categorizados como sequía extrema, al igual que la superficie agrícola; sin embargo, la relación de aumento o disminución entre ambas variables, no es directamente proporcional; siendo más favorable la ubicación de áreas agrícolas en zonas donde la sequía tiene menor influencia.

Palabras clave: Sequía Meteorológica, Superficie Agrícola, Índice de Dinámica Agrícola, Índice de Precipitación Estandarizada.

1 Recibido: 21-11-2012
Aceptado: 07-02-2013

ABSTRACT

The drought phenomenon is related to the decrease of rainfall affecting the ecosystem and the economy. To know the behavior of meteorological drought on the Margarita Island, it was characterized in space and time for the period 1972-2004, determining its magnitude by the *Standardized Precipitation Index*. The agricultural surface variation was analyzed using the Agricultural Dynamic Index, to determine the increase or decrease. In Margarita Island the dry months are April and May, and wet the ones are June and December where meteorological drought was classified from slightly dry to extreme drought, with longer dry sequences in quarterly duration; and to 12 and 24 months, sequences were categorized as normal to slightly damp. Although agriculture is not an predominant activity in the island, the agricultural area increased 74% for the period 1993-2004, rejecting the hypothesis about its decline. In conclusion, the drought increased, reaching values below 1.5 SPI categorized as extreme drought, as well as the agricultural area. However, the relationship (increase or decrease) between both variables is not directly proportional, being the most favorable the agricultural areas location, than in areas where the drought has less influence.

Key words: Meteorological drought, agricultural land, Agricultural Dynamic Index, Standardized Precipitation Index.

INTRODUCCIÓN

El clima semiárido de la isla de Margarita, ubicada en el extremo Noreste de Venezuela (estado Nueva Esparta), incrementa su vulnerabilidad ante la sequía, afectando principalmente aquellas áreas en las que se desarrolla la actividad agrícola, caracterizadas por agricultura de secano. La sequía ocurre cuando disminuye la cantidad de agua precipitada por largos períodos; generalmente, se tiende a confundir los períodos secos que forman parte de algunos regímenes pluviométricos con la incidencia de la sequía, considerándola un fenómeno “normal” que ocurre año a año, sin considerar las consecuencias negativas en la economía.

El objetivo principal del presente trabajo es la evaluación de la influencia de la sequía meteorológica en la variación de la superficie agrícola. La motivación para realizar esta investigación, se debe a estudios anteriores realizados por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente en el año 2008, donde indicaban la ocurrencia de un proceso de desertificación en la isla.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

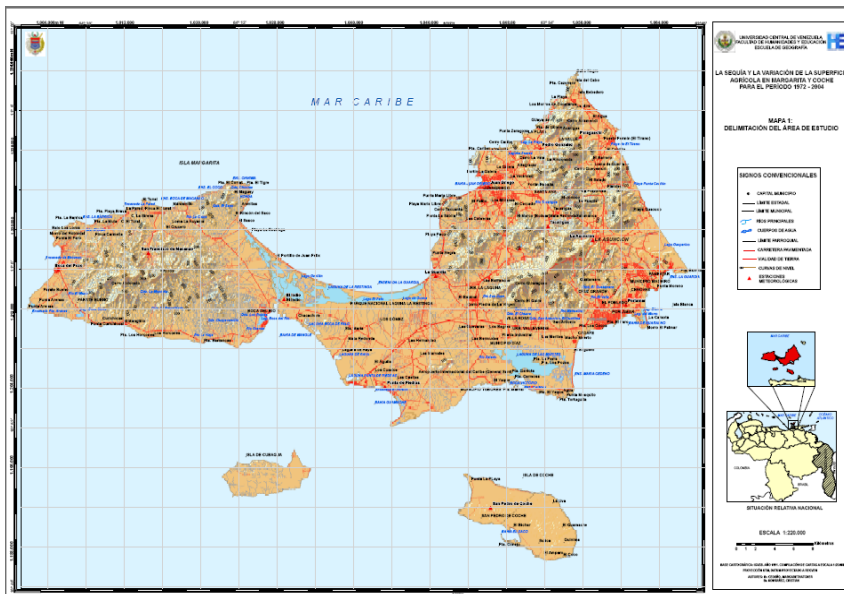
En Venezuela, la susceptibilidad a la sequía puede llegar a ser alta, por estar expuesta a fenómenos naturales tales como, “El Niño” y, por anomalías en la circulación atmosférica, tales como vaguadas y ondas tropicales. El país en los últimos años ha experimentado la incidencia de estos fenómenos, donde la baja magnitud de precipitaciones ha afectado a las actividades agrícolas, con consecuencias más graves para las comunidades rurales que dependen del agro, incidiendo en la disminución del aporte de alimentos para la población venezolana; de igual modo, implica la reducción del nivel de agua de los embalses y como consecuencia, deficiencias en el sector hidroeléctrico.

El estado Nueva Esparta fue hasta mediados del siglo pasado, productor y exportador de ganado y de cultivos como el tomate y la cebolla. La isla de Margarita es la que presenta mayor presencia de algunos sistemas agrícolas, ya que las otras islas que conforman la entidad federal - Coche y Cubagua-, a pesar de ser históricamente muy conocidas por la explotación perlífera y sus riquezas naturales, en la actualidad presentan muy poca población y se desarrolla principalmente la pesca y el turismo. La agricultura en la isla de Margarita históricamente nunca ha sido una actividad vocacional, sino que constituye una actividad económica complementaria y semi-comercial. Margarita (v. mapa 1) depende para abastecer de agua potable a sus comunidades, principalmente del embalse de Turimiquire (estado Sucre), por lo que es inviable emplearla en sistemas agrícolas de riego ya que apenas alcanza a cubrir la demanda de los usos urbanos (principalmente agua potable y aseo personal). En la zona de estudio sólo se practica la agricultura de secano.

El Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPA) realizó un trabajo de investigación en el año 2008, sobre la sequía en Venezuela, reflejando que la desertificación se incrementó un 30% en el estado Nueva

Esparta. Esto supone la disminución de la cantidad de precipitación y la incidencia de sequía meteorológica en el desarrollo de la actividad agrícola en Margarita, como ha sucedido en otras regiones del mundo como en el Sahel Africano. Entonces, se plantea la siguiente interrogante: ¿Cómo ha influido la sequía meteorológica en la variación de la superficie agrícola vegetal en la isla de Margarita para el período 1972-2004?

Mapa 1. Área de estudio



OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de la sequía meteorológica en la variación de la superficie agrícola vegetal de la isla de Margarita.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la precipitación pluvial de la isla de Margarita, para cuantificar la magnitud de la sequía meteorológica para el período de estudio 1972-2004.
- Describir la variación de la superficie agrícola vegetal de la isla de Margarita para el período 1993-2004.
- Determinar la influencia del fenómeno de la sequía meteorológica en la variación de la superficie agrícola vegetal para el período 1993-2004.

CONSIDERACIONES CONCEPTUALES

El clima es un sistema complejo cuyo comportamiento es difícil de predecir, y, su condición promedio está referida a la caracterización numérica de cada uno de los elementos meteorológicos (Rodríguez, 1986). La variabilidad climática tiene una fuerte influencia sobre la economía, siendo causada por anomalías de la precipitación y la temperatura a corto plazo, con la capacidad de frenar el desarrollo económico y social de la población, siendo el hombre dependiente en gran medida del clima, es por ello que las fluctuaciones deben ser expresadas en términos humanos (OMM, 1979).

No existe un consenso generalizado en torno a la definición de sequía, y por ello cada organización adapta su significado de acuerdo a las condiciones en que se presente. La Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1992) define sequía como *“un período de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico”*. Mientras que la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 1992) considera la sequía como el *“fenómeno que se produce cuando las lluvias han sido considerablemente*

inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción de recursos de tierras”.

De igual modo, la sequía se puede entender como la anomalía transitoria donde la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de los requerimientos de un área dada. En casos extremos se puede llegar a la aridez, fase previa de la desertificación.

Según García (2006) *“la aridez se corresponde con una situación permanente de bajas precipitaciones, las cuales condicionan la vida en una región dada. De esta manera, las formas de vida natural allí presentes están completamente adaptadas a esa condición de humedad baja o escasa. No se trata de una situación anormal ni transitoria”.*

Palmer (1965) definió el período de sequía *“como un intervalo de tiempo, generalmente del orden de duración de meses o años, en el cual el suministro de humedad real en un lugar determinado no siempre está a la altura de la fuente de humedad climática esperada o apropiada climáticamente”.*

Por su parte Pita y García (2000) señalan que las sequías son períodos secos prolongados, existentes en los ciclos climáticos naturales, caracterizados por la falta de precipitaciones pluviales y de caudal en los ríos. Su origen se encuentra en la atmósfera, donde la humedad es deficiente. En regiones áridas y semiáridas es común que haya períodos más secos o más húmedos que de costumbre y estas variaciones causan serios problemas.

“En términos generales (la sequía) puede ser considerada como la insuficiente disponibilidad de agua en una región, por un período prolongado para satisfacer las necesidades de los elementos bióticos locales. Estas necesidades dependen de la distribución de las poblaciones de plantas, animales y seres humanos, de su modo de vida y del uso de la tierra”. (Pita y García, 2000; p15)

Franco (1989) jerarquiza tres tipos de sequías:

- **Hidrológica:** se refiere a la reducción de los recursos acuáticos (flujo en ríos, nivel de lagos, agua subterránea, mantos acuíferos) por debajo de un nivel determinado y para un período dado. Su definición incorpora datos de disponibilidad y tasas de consumo basadas en el suministro normal del sistema (uso doméstico, industrial y agrícola).
- **Agrícola:** es el impacto que las sequías meteorológicas e hidrológicas tienen sobre esta esfera particular de la actividad humana. Los cultivos requieren de ciertas condiciones de temperatura, humedad y nutrientes durante su crecimiento para alcanzar su desarrollo máximo. Si la disponibilidad de humedad es inferior al nivel óptimo requerido durante el desarrollo (cantidad de agua por volumen de tierra cuyo nivel está entre la capacidad de campo o el máximo de humedad capaz de retener el suelo y el punto de marchitez o humedad mínima en la cual una planta no puede seguir extrayendo agua del suelo), entonces el crecimiento será menor y la producción se reducirá.
- **Meteorológica:** involucra la reducción de la precipitación en algún período (día, mes, temporada, año) por debajo de una cantidad determinada, normalmente definida como alguna proporción en relación con el promedio a largo plazo y para un período específico.

Se ha decidido en esta investigación trabajar con la *sequía meteorológica*, debido a que es la causante de otros tipos de sequía como la agrícola e hidrológica. A pesar que se abordan aspectos agrícolas, la condición derivada de un déficit marcado y permanente de lluvia que influye en el rendimiento de los cultivos en las superficies agrícolas y en las características del suelo, es directa consecuencia de la sequía meteorológica; mientras que la sequía agrícola, no sólo depende de la cantidad de agua precipitada o almacenada en el suelo, sino también del uso dado.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología aplicada en este trabajo consistió en cuatro fases consecutivas. a) recopilación de datos y consulta bibliográfica; b) procesamiento cartográfico; c) cálculo y análisis del Índice de Precipitación Estandarizada (SPI); d) cálculo y análisis del Índice de Dinámica Agrícola

Modificado (IDAM); e) superposición entre el SPI y el IDAM. A continuación se describe cada fase:

1. Recopilación de datos y consulta bibliográfica

Esta fase fue la base de la información documental que se utilizó de referencia para desarrollar la investigación. Documentos, revistas y artículos de universidades tanto extranjeras como venezolanas fueron la fuente principal de información. Sobre las tierras agrícolas en el estado Nueva Esparta fueron utilizadas las estadísticas producidas y emitidas en el país. Se realizaron visitas a instituciones como la biblioteca del IVIC, el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras, biblioteca del Banco Central de Venezuela y la biblioteca de la Universidad Central de Venezuela.

- *Selección de las estaciones pluviográficas y determinación del período de estudio*

La selección de 12 estaciones pluviométricas emplazadas en la isla de Margarita, con 33 años de registros continuos y completos provino del procesamiento realizado por Colotti, 2011 en su tesis de doctorado intitulada “*La Erosividad de la lluvia en el estado Nueva Esparta: distribución temporal y espacial*”.

Colotti (2011) realizó una compilación de las estaciones pluviométricas, en una matriz con la información donde se describe su información básica: serial, nombre, localización, altitud y período de registro. Sus datos fueron obtenidos de la Dirección de Cuencas del MPPA.

Para el estudio se utilizaron doce estaciones meteorológicas ubicadas en la isla de Margarita (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estaciones Meteorológicas en la isla de Margarita

Sector	Estación	Latitud N	Longitud W	Altitud (m.s.n.m)	
Margarita	Oriental	La Guardia	10°46'48"	62°33'25"	1
		Punta de Piedras	10°47'14"	62°33'41"	3
		Juan Griego	10°44'26"	62°30'57"	5
		Pedro González	10°44'17"	62°30'51"	8
		Porlamar	10°44'2"	62°33'27"	17
		La Asunción	10°44'7"	62°31'7"	77
		San Juan Bautista	10°44'16"	62°31'8"	78
		Tacarigua	10°44'16"	62°31'5"	80
		Paraguachí	10°44'10"	62°30'48"	210
	Occidental	El Indio	10°47'14"	62°33'27"	2
		Boca del Pozo	10°47'57"	62°31'12"	4
		San Francisco de Macanao	10°59'46"	62°43'34"	88

Fuente: Ministerio del Ambiente. Dirección de Cuencas. Elaboración propia

De acuerdo con el criterio del “vecino más cercano”, la distancia de las estaciones para zonas llanas y montañosas debe ser de máximo 30 y 15 kilómetros respectivamente. En el área de estudio, este criterio se cumple y se obtienen resultados más confiables.

- *Recopilación de información agrícola*

Se realizó la recopilación de información agrícola para el período 1993-2004, relacionada con la superficie cosechada en la isla de Margarita, disponible en el Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras.

2. Procesamiento Cartográfico

Los insumos para la producción cartográfica básica de la investigación fueron de tres tipos:

- 23 cartas topográficas del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar a escala 1:25.000 del estado Nueva Esparta, fechadas de 03-1991, cuyas referencias son: 7449 IV SE, 7449 IV SO, 7449 III NE, 7449 III NO, 7449 III SE, 7449 III SO, 7448 IV NE, 7448 IV NO, 7448 IV SO, 7448 III NO, 7448 III SO, 7349 II SE, 7349 II SO, 7349 II NO, 7349 III SE, 7349 III SO, 7348 I NE, 7348 I NO, 7348 I SE, 7348 I SO, 7348 II NO, 7348 IV NE, 7348 IV NO.
- 23 ortofotomapas del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar a escala 1:25.000 del estado Nueva Esparta, fechados de 03-1993 y 03-1999, cuyas referencias son iguales a los mapas topográficos antes mencionadas.
- 2 imágenes satelitales Landsat, bandas 5-4-3-8, de marzo del 1993 y marzo del 2004, con 30m de resolución espacial. Esta combinación de bandas es la más apropiada para la interpretación de las áreas agrícolas.

El paso inicial del procesamiento cartográfico básico fue el escaneo y posterior georeferenciación de las cartas a escala 1:25.000 antes enumeradas, o la asignación del sistema de coordenadas Universal Transversal Mercator WGS84 Huso 20, específicamente para el estado Nueva Esparta, empleando para ello el software ArcGis 9.3.

Posteriormente, fue digitalizada la información fundamental contenida en las cartas topográficas, que representan las curvas de nivel, la hidrografía, los cuerpos de agua, la vialidad, los centros poblados y la delimitación político-administrativa municipal y parroquial. En el caso de los centros poblados, se hizo la verificación con el nomenclador de centros poblados del Instituto Nacional de Estadística (2001); mientras que los topónimos se ajustaron de acuerdo a las Normas de Cartografía Nacional (IGVSB: 1983). Finalmente, se generó el mapa base para la producción de los diversos mapas temáticos de la investigación:

- Mapa hipsométrico: contentivo de las curvas de nivel maestras (100m) e intermedias (20m).
- Mapa de isoyetas: fue elaborado a partir de la utilización de los datos de precipitación media anual para cada estación meteorológica, para el período 1972-2004, mediante el método de triangulación, realizado con el software ArcGis 9.3.

- Mapas de isosecas (líneas que unen puntos con los mismos valores de SPI) de la magnitud de la sequía para los años 1972, 1993 y 2004: realizados a partir de los resultados del Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) y del Índice de Magnitud de la Sequía (DM).
- Mapa de distribución de la superficie agrícola para los años 1993 y 2004: elaborados mediante interpretación visual de las superficies agrícolas en las imágenes satelitales Landsat y ortofotomapas. No se realizó discriminación en las categorías de la superficie agrícola, ya que no se pudo clasificar por sistemas o rubros.

La elaboración del mapa de distribución de la superficie agrícola para los años 1993 y 2004, requirió del procesamiento de las imágenes satelitales Landsat. A partir del año 2003 se averió el sensor remoto de dichas imágenes y, desde entonces, presentan errores que deben ser corregidos utilizando el programa ERDAS 9.2, el cual también permite rectificar las imágenes. La fusión de las bandas 5-4-3 se realizó con el software ENVI 9.8, mientras que su integración con la banda 8 se logró con ERDAS. La delimitación de los polígonos que representan las superficies agrícolas del estado Nueva Esparta resultó de la interpretación de las imágenes con ArcGIS 9.3.

- Mapa síntesis: resultante de la superposición de los mapas de magnitud de la sequía y de distribución de las áreas agrícolas, y se obtuvieron polígonos en los que coincidían la superficie agrícola observada en las imágenes y ortofotomapas y el tipo de sequía que afectaba esa área.

Luego de la realización de los mapas se procedió al análisis de los resultados. A pesar que la escala de trabajo fue de 1:25.000, la escala de publicación seleccionada fue 1:220.000, con el fin de facilitar el manejo y revisión de los mapas. Los pasos antes explicados sobre el procesamiento cartográfico se resumen en figura 1.

3. Cálculo y análisis del Índice de Precipitación Estandarizada (SPI).

Una metodología para determinar la magnitud de la sequía debe facilitar el análisis de las relaciones de la sequía con los factores modificadores del clima y demás elementos atmosféricos. Esta fase fue laboriosa y esencial para la investigación, dado que requirió de la búsqueda de un índice que demostrara la existencia de la sequía en la isla de Margarita.

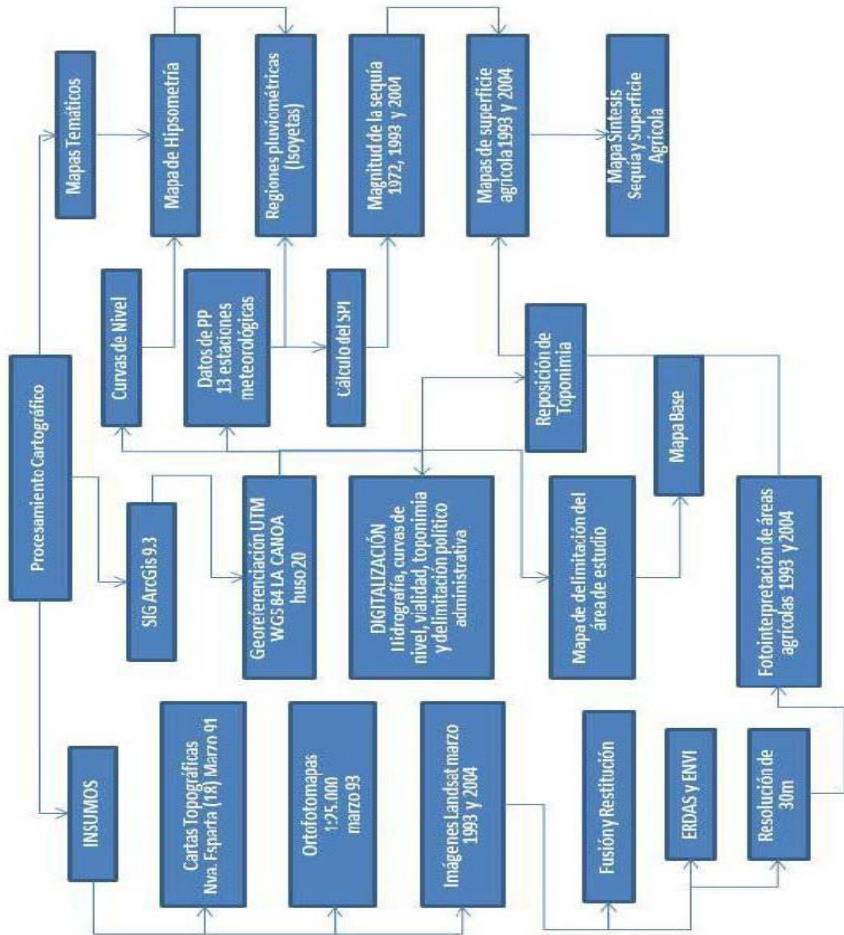
Comúnmente se utilizan variables que incluyen la precipitación, temperatura, humedad del suelo, capacidad de almacenamiento del suelo, escorrentía superficial, evapotranspiración, entre otras; sin embargo, se han desarrollado métodos simplificados que sólo utilizan una variable como la precipitación y permiten la cuantificación de la sequía en aquellas regiones en las que no se disponga de datos del resto de las variables.

El método utilizado fue el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI), el cual fue desarrollado por McKee et al (1993) y está diseñado para cuantificar el déficit de precipitación en diversos períodos, asumiendo que las condiciones de humedad del suelo, son respuesta a las anomalías de precipitación. Fue escogido por su simplicidad y requerimiento mínimo de variables.

El SPI requiere datos de precipitación mensual y, de modo general se pueden describir dos etapas: la primera consiste en ajustar la serie histórica de la precipitación a la distribución teórica Gamma. La segunda etapa consiste en convertir la serie de precipitación ajustada a la distribución Gamma en una distribución normal estandarizada con media 0 y varianza 1, cuyo resultado representa el índice SPI.

Debido a la variabilidad natural de las precipitaciones y a su distribución asimétrica respecto a los valores medios, es recomendable la aplicación de la distribución Gamma (Thom, 1958). Esta distribución presenta ventajas con respecto a la Gaussiana, ya que se adapta a todo tipo de asimetrías, además de estar definida sólo para valores positivos, que la hace apta para representar frecuencias de precipitación (Serio, 2010).

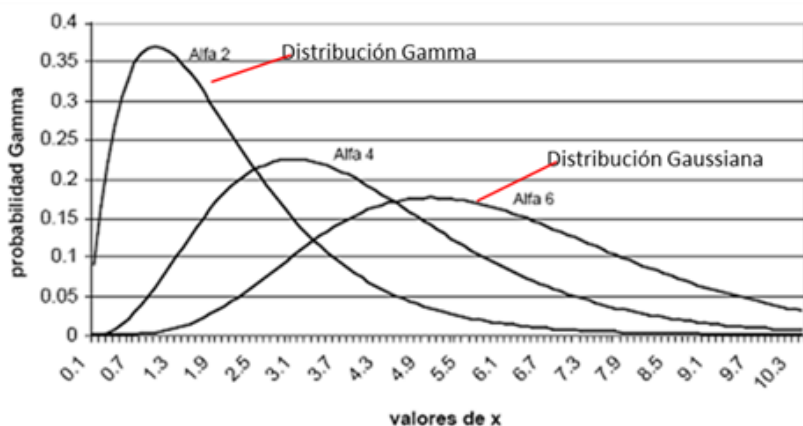
Figura 1. *Procesamiento cartográfico*



Fuente: elaboración propia 2011.

La función de densidad gamma es luego transformada a una distribución normal estandarizada (Fig. 2) con media igual a cero y varianza igual a uno, siendo el valor resultante de esta transformación la magnitud del SPI. El índice representa el número de desviaciones estándar en que el valor transformado de la precipitación se desvía del promedio histórico, representado por el valor cero. Los valores negativos del SPI representan déficit de precipitación y aquellos positivos a la precipitación es superior al promedio histórico.

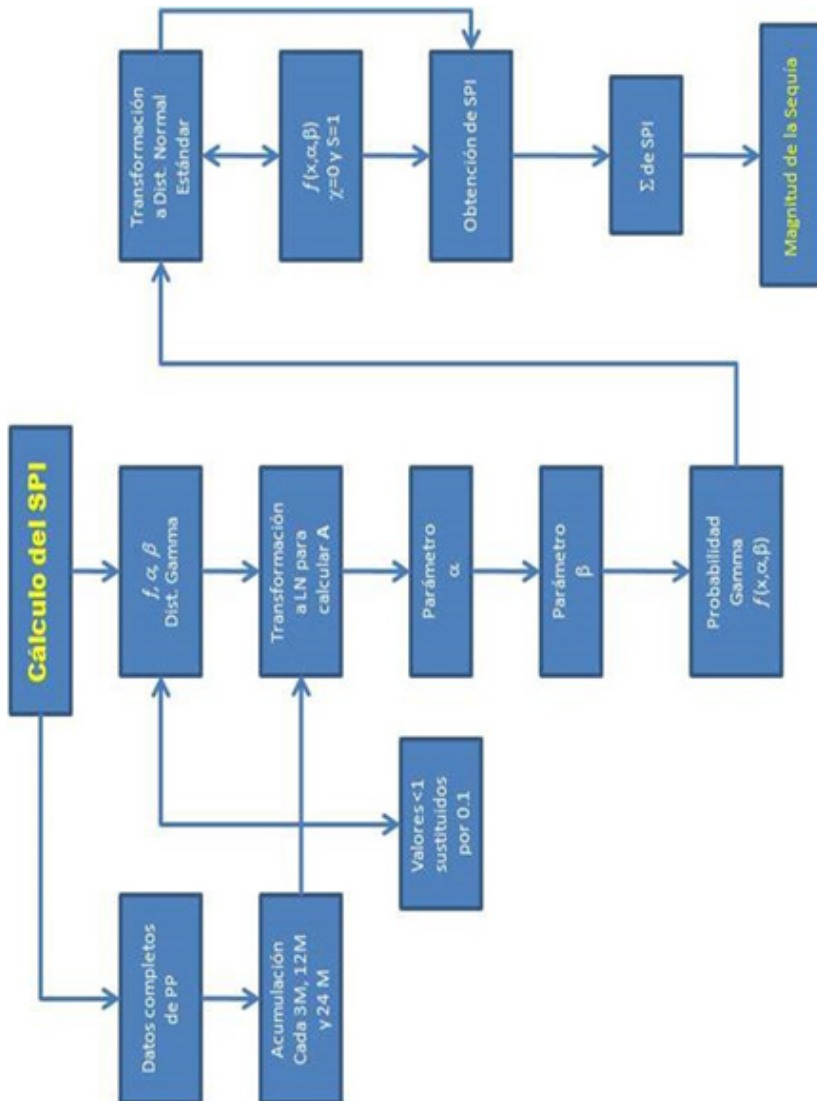
Figura 2. *Comportamiento de la Distribución Gamma y Gaussiana*



Fuente: McKee et al (1993).

En la figura 3 se resumen los pasos para calcular la magnitud de la sequía, iniciando con la acumulación de los datos de precipitación para el período deseado: 3, 12 y 24 meses. A la escala temporal de tres meses, la frecuencia de la sequía se incrementa y su duración disminuye, contrario a lo que ocurre en escalas mayores, donde la frecuencia de la sequía disminuye aunque con un efecto más prolongado (Komuscu, 1999). Se calcularon valores del SPI con series de precipitación acumulada de 3, 12 y 24 meses, a fin de observar la extensión temporal de este fenómeno. Cabe acotar, que la falta de información pluviométrica antes de 1971 en las estaciones La Asunción y La Guardia, dificultó el cálculo de precipitación acumulada de 24 meses, razón para obviarla en el análisis comparativo.

Figura 3. Cálculo del Índice de Precipitación Estandarizada (SPI)



- *Pasos para el Cálculo del SPI*

Para elaborar las series de acumulados trimestral, anual y bianual se aplican las mismas fórmulas, siendo la única diferencia el paso 1. A partir de las series de precipitación mensual (PP) se construyeron las series de precipitación acumulada trimestral (PP3) sumando a la precipitación de cada mes la registrada en los dos meses previos, obteniendo 12 series por cada estación :

$$PP3(i) = PP(i) + PP(i-1) + PP(i-2) \quad (1)$$

La serie de SPI para la escala acumulada trimestral se identifica como SPI3 y se considera que el valor de $PP3(i)$ para el mes i representa lo acontecido en cuanto a la precipitación durante el período comprendido por el mes i y los dos meses previos al mismo ($i-2$, $i-1$ e i). Los trimestres resultantes son: enero-febrero-marzo (3 ó marzo), febrero-marzo-abril (4 ó abril), marzo-abril-mayo (5 ó mayo), abril-mayo-junio (6 ó junio), mayo-junio-julio (7 ó julio), junio-julio-agosto (8 ó agosto), julio-agosto-septiembre (9 ó septiembre), agosto-septiembre-octubre (10 u octubre), septiembre-octubre-noviembre (11 ó noviembre), octubre-noviembre-diciembre (12 ó diciembre, noviembre-diciembre-enero (1 ó enero) y diciembre-enero-febrero (2 ó febrero). Para los casos $PP12(i)$ y $PP24(i)$, se realiza la sumatoria de la precipitación para el mes i y los 11 y 23 meses previos respectivamente.

Se estimaron los parámetros α (alfa) y β (beta) de la Distribución de Probabilidad Gamma, asociada a las 12 series de precipitación acumulada (Thom, 1958):

$$\alpha = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4}{3}A}}{4A} \quad (2)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (3)$$

Donde:

α : es el parámetro de escala $X > 0$

β : es el parámetro de forma de la curva $X > 0$

$PP_{3(i)}$: es la media de lluvia acumulada trimestral expresada en mm

A: variable auxiliar adimensional, definida de la siguiente manera:

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum_1^{n'} \ln(x_i)}{n'} \quad (4)$$

Se obtuvieron doce variables auxiliares A para las serie de lluvia acumulada trimestral

Donde:

$\ln(x_i)$: es el logaritmo neperiano de la lluvia acumulada trimestral

n' : representa el número de datos no nulos, sustraídos del total de datos aquellos valores que oscilan entre 0 y 0,9.

\bar{X} : es la media aritmética de la serie mensual de lluvia acumulada trimestral, expresada en mm.

Dado que la función Gamma está definida sólo para valores mayores que uno, en el cálculo del algoritmo se decidió reemplazar los valores menores que 1 por 0,1. Esta elección no fue arbitraria, como pareciera en los trabajos de Paredes et al (2008), Skansi et al (2006) y Cadena (2005), pues se realizaron pruebas reemplazando a los valores menores que 1 con 0,01; 0,1 y 1 con la finalidad de determinar la significancia estadística de los ajustes aplicando la prueba Chi Cuadrado (X^2), resultando con la mayor significancia el valor 0,1.

Una vez obtenidos los parámetros α y β se determinó la función de densidad de probabilidad gamma para las variables x, α y β , mediante la siguiente fórmula:

$$f(x, \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (5)$$

Donde:

$f(x, \alpha, \beta)$: es la función de densidad de probabilidad Gamma.

x : es la lluvia acumulada trimestral expresado en mm.

α y β : son los parámetros de escala y de forma de la distribución, respectivamente.

Γ : distribución Gamma

Una vez obtenida las 12 series de probabilidades Gamma, se estimó el valor Z ó valor de SPI3 que le corresponde, en una distribución normal estandarizada con media cero y desviación estándar igual a 1.

El índice de precipitación estandarizada con media cero y desviación uno, permite realizar comparaciones entre diferentes zonas y a diferentes escalas de tiempo (Panofsky y Brier, 1958). El SPI representa entonces, la probabilidad de ocurrencia acumulada de una desviación de la precipitación, en un período base, donde los parámetros de Gamma fueron estimados (McKee et al, 1993).

Finalmente, para determinar la magnitud de la sequía (DM), fueron acumulados los SPI3 mensuales:

$$DM = - \sum_{i=1}^{12} SPI3_i$$

$$\text{Sí y sólo sí } SPI3_i < 0 \quad (6)$$

Donde:

DM: representa la magnitud de la sequía para el período evaluado

SPI3: es el índice SPI para series de lluvia acumulada trimestral.

Estos pasos fueron desarrollados para el cálculo del SPI 12 meses y 24 meses, respectivamente. Para la realización de los cálculos, fue utilizada la aplicación Microsoft Office Excel 2007, mediante la elaboración de una hoja de cálculo.

- *Determinación del inicio de la sequía*

Para cualquiera de las escalas temporales antes mencionadas, la sequía comienza cuando el valor del SPI se hace negativo por primera vez y, finaliza cuando el índice se torna positivo, denominadas secuencias o eventos secos. En caso que los valores del SPI fuera continuamente negativo y alcanzara el valor -1 o menor, se considera que una secuencia seca significativa está relacionada con la deficiencia suficientemente importante de agua, mientras que los valores positivos se identifican con la categoría normal o húmeda (McKee et al, 1993).

- *Categorización del SPI*

Los valores de SPI son ligados a una clasificación nominal modificada por Skansi et al (2006) de la clasificación original de McKee et al (1993), la cual se muestra en el *Cuadro 2*.

Cuadro 2. *Clasificación del SPI*

SPI	CATEGORÍA
< -1.50	Extremadamente Seco
-0,50 a -1.49	Ligeramente Seco
-0.49 a 0.49	Normal
0,50 a 1.49	Ligeramente húmedo
> 1.50	Extremadamente húmedo

Fuente: Cedeño y Montañéz 2011. Skansi et al (2006) modificación a la escala original de McKee et al (1993).

Estas categorías están referidas al fenómeno de la sequía meteorológica (aquellas cuyo valor de SPI es negativo) y por tanto, corresponden a eventos secos coyunturales, mas no constituyen una la condición de aridez.

CÁLCULO Y ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE DINÁMICA AGRÍCOLA MODIFICADO (IDAM)

El Índice de Dinámica Agrícola fue desarrollado y aplicado por Volante et al (2005) y tiene por objetivo caracterizar y detectar áreas agrícolas donde la conjugación de factores como la variación del área cultivada, los desmontes para la agricultura y ganadería, la intensidad del uso del suelo y la rotación de los cultivos, podría resultar un efecto negativo para la sustentabilidad de los ecosistemas en particular y, el medio ambiente en general. Sin embargo, a los fines de esta investigación, se ha modificado la fórmula original, ya que será aplicado para determinar únicamente la variación de las superficies agrícolas, por ello se ha denominado IDAM.

Para la aplicación del IDAM, se utilizan datos de superficie para el período de estudio que se desee, ya que con el índice no sólo se puede calcular la variación de la superficie agrícola en un período determinado, sino también de un año a otro. La flexibilidad del IDAM permite usar las variables que se consideren necesarias (superficie sembrada, cultivada y cosechada) siempre y cuando esté expresada en unidades de medida de superficie. Sin embargo, es posible aplicar el índice con una sola variable, dando como resultado su variación; la aplicación del IDAM puede ser empleado en cualquier parte del mundo.

Para determinar la variación porcentual de la superficie agrícola es usada la siguiente fórmula:

$$IDAM = (S_2 - S_1/S_1) * 100 \quad (7)$$

Donde:

S_2 : corresponde a la superficie del año más reciente.

S_1 : a la superficie del año anterior.

Los valores son expresados en porcentaje donde, los positivos indican el aumento en la superficie agrícola, y los valores negativos indican la disminución de la superficie agrícola. Debido a la carencia de datos agrícolas, el IDAM fue aplicado solamente a la superficie cosechada para el período de estudio 1993-2004.

La aplicación del IDAM permite determinar la superficie que se ha perdido, bien sea por reducción de la ya existente o su desaparición total, así como el aumento en extensión o la aparición de superficies en lugares donde antes no existían. Con el manejo de estos datos, es posible monitorear la frontera agrícola la pérdida o la ampliación de la frontera agrícola.

SUPERPOSICIÓN ENTRE EL SPI Y EL IDAM

Para el análisis de los resultados del SPI y del IDAM y determinar la influencia entre la sequía meteorológica y la variación de la superficie agrícola, es necesario contar con un período de estudio en común. Debido a la carencia de datos de superficie agrícola anterior al año 1993, se estableció un período coherente entre ambos índices, siendo estudiada la influencia para el período 1993-2004, en el que se determinaron las áreas en las que la sequía meteorológica ha influido y la variación de la superficie encontrada en la misma superficie.

LA SEQUÍA METEOROLÓGICA EN LA ISLA DE MARGARITA

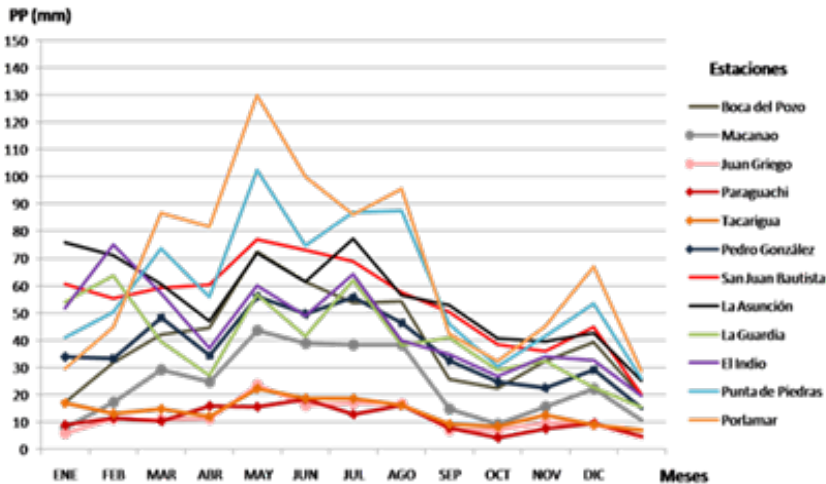
LA PRECIPITACIÓN EN LA ISLA DE MARGARITA

La sequía está relacionada directamente con el déficit de precipitación; en este sentido para el período 1972-2004, las precipitaciones en el área de estudio presentan variaciones espaciales de acuerdo a la altitud; así en el Cerro Copey presenta un núcleo de alta precipitación, mayor a 600mm anuales, siendo el área con mayor precipitación de las islas. En la Península de Macanao la precipitación aumenta con la altitud, hasta 450mm anuales; mientras que en el tramo central de Margarita, la altitud es cercana a los 0msnm y la precipitación desciende a valores menores de 300 mm anuales.

El relieve es el principal factor modificador de las precipitaciones en el área; la relación entre la altitud y la precipitación está dada por la incidencia de los vientos alisios del noreste que desplazan las masas de aire cargadas de humedad en su dirección, que al acercarse al obstáculo orográfico asciende forzosamente y luego precipitan (efecto Stau). No obstante, las masas descargadas de humedad continúan su desplazamiento creando un efecto desecante (efecto Foehn) a sotavento (Guevara, 2004).

De la aplicación del SPI se obtuvo que la lluvia acumulada trimestral con valores iguales o menores a 45mm se corresponde con el período de sequía. El comportamiento de la precipitación es variable durante todo el año (Gráfico1), definido como régimen bimodal, observándose un primer pico entre los meses julio-septiembre, logrando alcanzar hasta 130mm en promedio; luego las precipitaciones disminuyen y se observa el segundo pico que apenas supera los 60mm de lluvia en promedio entre los meses noviembre-febrero. En las estaciones Porlamar, Punta de Piedras y San Juan Bautista se registran las mayores precipitaciones; mientras que las estaciones Juan Griego, Paraguachi y Tacarigua presentan el menor promedio de precipitación para el período 1972-2004.

Gráfico 1. *Precipitación promedio (mm) de la isla de Margarita. Período 1972-2004*



Fuente: Ministerio del Ambiente. Dirección de Cuencas

SECTOR ORIENTAL DE LA ISLA DE MARGARITA

El análisis de la sequía en la isla se ha dividido en dos sectores: oriental y occidental. En el sector oriental se localizan siete estaciones meteorológicas, distribuidas en relieves de valles y costas, emplazamientos donde influyen factores climáticos diferentes como el relieve y el viento, respectivamente.

Entre las estaciones más orientales y emplazadas a barlovento de la serranía Matasiete, se encuentran de norte a sur Paraguachí (0882), Tacarigua (0883), La Asunción (0897) cuyos meses de normales a húmedos abarcan desde marzo hasta agosto, destacando abril como el mes más seco en las dos primeras localidades. Sin embargo, en La Asunción (Cuadro 3) los meses de mayo, junio y julio tienden a ser de normal a seco, mientras que en Paraguachí y Tacarigua (Cuadro 4 y 5) la sequía se interrumpe en el mes de noviembre.

Cuadro 3. Valores de SPI para la estación La Asunción 1972-2004

Estación: La Asunción				Período: 1972-2004								Serial 0897	
SPI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
3 MESES	-0,37	-0,22	0,1	0,4	-0,17	-0,21	-0,01	0,09	0,06	-0,04	-0,07	-0,32	
12 MESES	0,04	0,03	0,01	0,02	0,01	-0,33	-0,03	-0,03	-0,04	-0,06	0,03	0,09	
24 MESES	0,1	0,1	0,1	0,1	0,09	0,08	0,06	0,06	0,05	0,04	0,07	0,07	

Fuente: Ministerio del Ambiente. Dirección de Cuencas

Leyenda

Sequía

Normal

Normal a húmedo



Nota: esta escala aplica a todos los cuadros siguientes de SPI.
Período 1972-2004

Cuadro 4. *Valores de SPI para la estación Paraguachí 1972-2004*

Estación: Paraguachí				Período: 1972-2004								Serial 0882	
SPI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
3 MESES	-0,21	-0,07	0,08	-1,22	0,21	0,16	0,18	0,12	-0,04	-0,04	0,06	-0,26	
12 MESES	0,02	0,03	0,01	-0,008	-0,01	-0,52	-0,07	-0,08	-0,09	-0,08	-0,05	0,01	
24 MESES	0,02	0,02	0,01	0,004	0,007	0,001	0,001	-0,001	-0,009	-0,01	-0,01	0,02	

Fuente: Ministerio del Ambiente. Dirección de Cuencas

Cuadro 5. *Valores de SPI para la estación Tacarigua 1972-2004*

Estación: Tacarigua				Período: 1972-2004								Serial 0883	
SPI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
3 MESES	-0,12	-0,04	0,05	-0,2	0,13	0,04	0,05	0,06	-0,0002	-0,02	0,03	-0,27	
12 MESES	0,07	0,07	0,04	0,05	0,07	-0,15	0,04	0,02	0,01	0,06	0,09	0,08	
24 MESES	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	

Fuente: Ministerio del Ambiente. Dirección de Cuencas

Entre las estaciones del sector oriental emplazadas a sotavento, se encuentran Pedro González (0885), Juan Griego (0881) y San Juan Bautista (0893), Porlamar (1806) y La Guardia (1720). La primera, emplazada en un pequeño valle, muestra un comportamiento de normal a húmedo entre los meses de junio a noviembre incluido marzo, el resto de los meses se comportan de normal a seco (Cuadro 5).

Para la estación Juan Griego los meses de marzo, julio y septiembre tendieron de normal a húmedo con valores de SPI3 mayores a cero, mientras que los meses restantes tendieron de normal a seco con valores menores a cero, destacando mayo como mes más seco y registrando la mayor cantidad de eventos secos para alcanzar el grado de sequía severa (Cuadro 6).

Destaca en San Juan Bautista, el mes de abril como único mes húmedo del año con relación al resto de sus meses secos, más no extremos como en Juan Griego, recalando la influencia del pequeño valle donde se emplaza, en contraposición a la influencia costera en Juan Griego (Cuadro 7).

La estación Porlamar, ubicada en la zona costera oriental de la isla de Margarita, destacan como los meses más secos abril y mayo, presentando sequía severa. Los meses marzo, agosto y septiembre tendieron de normal a húmedo con valores mayores a cero; mientras que los meses restantes tendieron de normal a seco (Cuadro 8).

Para la estación La Guardia (1720), cercana al tramo central de la isla de Margarita, destaca el mes de abril con tendencia de normal a húmedo, mientras que el resto de los meses tienden de normal a seco, presentando la mayor cantidad de eventos secos (Cuadro 9).

Cuadro 6. Valores de SPI para la estación Pedro González 1972-2004

Estación: Pedro González					Período: 1972-2004					Serial 0885		
SPI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3 MESES	-0,1	-0,05	0,06	-0,19	-0,09	0,21	0,04	0,09	0,05	0,15	0,09	-0,01
12 MESES	0,09	0,08	0,05	0,04	-0,36	-0,12	0,01	0,002	0,02	0,05	0,12	0,16
24 MESES	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,08

Fuente: Ministerio del Ambiente. Dirección de Cuencas

Cuadro 7. Valores de SPI para la estación Juan Griego 1972-2004

Estación: Juan Griego					Período: 1972-2004					Serial 0881		
SPI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3 MESES	-0,15	-0,17	0,08	-0,06	-1,84	-0,04	0,05	-0,01	0,01	-0,15	-0,12	-0,2
12 MESES	0,04	0,05	0,03	0,03	0,02	-0,31	-0,004	-0,01	-0,008	-0,005	-0,12	0,045
24 MESES	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07

Fuente: Ministerio del Ambiente. Dirección de Cuencas

Cuadro 8. Valores de SPI para la estación San Juan Bautista 1972-2004

Estación: San Juan Bautista					Período: 1972-2004					Serial 0893		
SPI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3 MESES	-0,18	-0,002	-0,02	0,53	-0,17	-0,12	-0,08	-0,06	-0,12	-0,08	-0,08	-0,23
12 MESES	-0,02	-0,02	-0,03	-0,02	-0,01	-0,29	-0,01	-0,02	-0,02	-0,08	-0,08	-0,02
24 MESES	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02

Fuente: Ministerio del Ambiente. Dirección de Cuencas

Cuadro 9. Valores de SPI para la estación Porlamar 1972-2004

Estación: Porlamar					Período: 1972-2004					Serial 1806		
SPI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3 MESES	-0,39	-0,21	0,12	-4,42	-4,1	-0,22	-0,001	0,04	0,03	-0,19	-0,09	-0,58
12 MESES	-0,11	-0,05	-0,05	-0,05	-0,07	-0,64	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,07	-0,11
24 MESES	-0,01	-0,005	-0,006	-0,006	0,0001	-0,009	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01

Fuente: Ministerio del Ambiente. Dirección de Cuencas

Cuadro 10. Valores de SPI para la estación La Guardia 1972-2004

Estación: La Guardia					Período: 1972-2004					Serial 1720		
SPI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3 MESES	-0,15	-0,35	-0,28	0,69	-0,32	-0,2	-0,04	-0,08	-0,001	-0,07	-0,08	-0,33
12 MESES	-0,07	-0,06	-0,06	-0,05	-0,05	-0,56	-0,05	-0,03	-0,03	-0,01	0,003	-0,03
24 MESES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Ministerio del Ambiente. Dirección de Cuencas

*No se realizó el SPI 24M por la falta de datos

SECTOR OCCIDENTAL DE LA ISLA DE MARGARITA

Este sector ubicado hacia el oeste de la isla de Margarita dispone de cuatro estaciones meteorológicas El Indio (1721), San Francisco de Macanao (0795), Boca del Pozo (0791) y Punta de Piedras (1740), entre las cuales no hay diferencias de altitud (aproximadamente 84m.s.n.m.). La primera se emplaza

en el borde occidental del Parque Nacional Laguna La Restinga, un pequeño valle y la tercera en la costa. En la estación El Indio, los meses julio, octubre y noviembre tienden de normal a húmedo con valores mayores a cero; mientras que enero, febrero, junio, agosto y diciembre tienden de normal a seco. Los meses más secos son marzo, abril, mayo y septiembre, presentando sequía severa (Cuadro 10).

En San Francisco de Macanao, los meses enero, noviembre y diciembre tienden de normal a húmedo; mientras que el mes de abril destaca como el mes más seco, presentando sequía severa y, los meses restantes tienden de normal a seco con valores menores a cero (Cuadro 11).

En la estación Punta de Piedras, sólo el mes de noviembre tiende de normal a húmedo; mientras que los meses abril y junio destacan como los más secos, presentando sequía severa. Los meses restantes tienden de normal a seco y, corresponde a la mayor secuencia de eventos secos (Cuadro 12).

Por último, en la estación Boca del Pozo, los meses febrero, abril y mayo destacan como los más secos, presentando sequía severa; mientras que marzo, junio, julio, octubre y diciembre tienen de normal a seco con valores menores a cero y, los meses restantes con valores mayores a cero, tienden de normal a húmedo (Cuadro 15).

Cuadro 11. *Valores de SPI para la estación El Indio 1972-2004*

Estación: El Indio				Período: 1972-2004					Serial 1721			
SPI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3 MESES	-0,09	-0,24	-1,61	-3,56	-2,08	-0,16	0,03	-0,06	-2,54	0,05	0,02	-0,11
12 MESES	-0,001	0,001	-0,01	0,02	0,01	-0,72	-0,002	-0,01	0,06	0,01	0,03	0,018
24 MESES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Ministerio del Ambiente. Dirección de Cuencas

*No se realizó el SPI 24M por la falta de datos

Cuadro 12. Valores de SPI para la estación S. Francisco de Macanao 1972-2004

Estación: San Francisco de Macanao						Período: 1972-2004				Serial 0795		
SPI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3 MESES	0,03	-0,13	-0,83	-1,76	-0,25	-0,17	-0,11	-0,18	-0,16	-0,3	0,24	0,13
12 MESES	-0,09	-0,06	-0,05	-0,04	-0,05	-0,03	-0,05	-0,03	-0,004	-0,25	-0,07	-0,13
24 MESES	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03	-0,01	0,002	-0,01	-0,01	-0,02

Fuente: Ministerio del Ambiente. Dirección de Cuencas

Cuadro 13. Valores de SPI para la estación Punta de Piedras 1972-2004

Estación: Punta de Piedras						Período: 1972-2004				Serial 1740		
SPI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3 MESES	-0,06	-0,09	-0,06	-1,39	-0,39	-1,51	-0,09	-0,14	-0,14	-0,19	0,06	-0,11
12 MESES	-0,02	0,008	0,004	0,003	-0,01	-0,66	-0,03	-0,01	0,01	0,006	0,01	-0,02
24 MESES	-0,0008	-0,003	-0,001	0,007	0,007	-0,01	-0,01	0,004	0,009	0,008	0,0008	-0,008

Fuente: Ministerio del Ambiente. Dirección de Cuencas

Cuadro 14. Valores de SPI para la estación Boca del Pozo 1972-2004

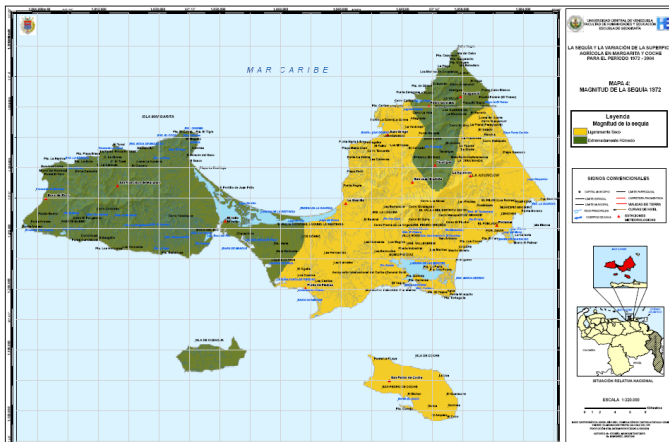
Estación: Boca del Pozo						Período: 1972-2004				Serial 0791		
SPI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3 MESES	0,02	-1,75	0,17	-3,2	-1,84	-0,57	-0,15	0,04	0,08	-0,02	0,008	-0,07
12 MESES	0,06	0,09	0,09	0,1	0,08	0,02	0,008	0,01	-0,66	-0,008	0,02	0,04
24 MESES	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	-0,001	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04

Para todas las estaciones ubicadas en la isla de Margarita, a medida que la escala temporal aumenta (3M, 12M y 24M) el comportamiento de la sequía se comporta como una distribución Gaussiana o normal; A menor escala temporal, el SPI responde más rápidamente ante los cambios en la precipitación.

LA SEQUÍA EN LA ISLA DE MARGARITA PARA EL AÑO 1972

Para el año 1972 la magnitud de la sequía (Mapa 2) se caracteriza desde lo ligeramente seco hasta muy húmedo (escala de McKee SPI modificada). Las zonas altas del sector oriental (Parque Nacional Cerro Copey) se categorizan por ser muy húmedas, debido a precipitaciones abundantes, mientras que el resto del sector está categorizado de ligeramente húmedo a normal, donde se emplazan La Asunción y Pampatar. Las áreas cercanas a Juan Griego son ligeramente secas, resultando como la zona más seca de Margarita para 1972. El sector occidental, integrado por la Península de Macanao y La Laguna de la Restinga, se caracteriza por ser muy húmedo a moderadamente húmedo, por lo que el fenómeno de la sequía meteorológica no tiene influencia. Para el año 1972 la magnitud de la sequía se caracteriza desde lo ligeramente seco hasta muy húmedo (escala de McKee SPI modificada). Las zonas altas del sector oriental (Parque Nacional Cerro Copey) se categorizan por ser muy húmedas, debido a precipitaciones abundantes (aprox. 800mm anuales), mientras que el resto del sector está categorizado de ligeramente húmedo a normal, donde se emplazan La Asunción y Pampatar. Las áreas cercanas a Juan Griego son ligeramente secas, resultando la región más seca de Margarita para 1972. Estos resultados son coyunturales debido al comportamiento presentado por la precipitación para el año en cuestión.

Mapa 2. *Sequía meteorológica del año 1972*



LA SUPERFICIE AGRÍCOLA VEGETAL EN LA ISLA DE MARGARITA

LA EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE AGRÍCOLA EN LA ISLA DE MARGARITA

En Margarita, al igual que en el resto de Venezuela, durante la época colonial la agricultura fue una de las principales actividades económicas. Según Nieto (1946) en su *Agricultura en el estado Nueva Esparta*, uno de los principales rubros cultivados era la yuca, sobre todo en Margarita; así mismo, la introducción de vacunos y equinos en este lugar, la convirtió en el centro ganadero reproductivo que permitió poblar los Llanos de Venezuela con ganado y monturas (Nieto, 1946).

Vila (1958) hace referencia a un viaje del Consejero de Lisboa realizado en 1853 hacia Venezuela, Nueva Granada y Ecuador, donde se considera a la agricultura de Margarita en los siguientes términos “*la isla de Margarita posee el terreno más fértil del mundo, más como tiene poca agua nativa, los años en que escasea la lluvia, como en éste, la vegetación decae y sólo se mantiene bien en las orillas de los pocos ríos que la riegan (...) Los cocoteros, los bananos, el árbol del pan, el maíz y la caña, crecen en las cercanías de Asunción, favorecidos por el riego del río, con gran lujo y vigor*”. El paisaje agrícola de Margarita, hace más de un siglo y medio, era más próspero que en la actualidad.

La isla de Margarita se caracteriza por poseer condiciones agroecológicas favorables para rubros que requieren poca cantidad de agua y sistemas como la horticultura de piso bajo, utilizándose agricultura de regadío o de secano, destacando que en la isla, ésta última es la más usada. Es posible la utilización del riego artesanal, que si bien no depende directamente de la precipitación, la ubicación de los cultivos juega un papel fundamental, al ubicarse en las cercanías de las vegas de los ríos y quebradas. A mediados del año 1800, después del período independentista, Margarita quedó asolada y se presentaron proyectos destinados a la recuperación y con relación de cría, la existencia de pastos para cría de ganado vacuno, cabrío, ovejuno y caballar.

Ya para el decenio de los 50', la base económica de Margarita cambió a la actividad pesquera y, perfilaba como destino turístico. En Margarita

dominaba el minifundio y era la única entidad que no tenía hipotecado ninguno de sus fundos con excepción del Delta Amacuro (Nieto, 1946). La ganadería presentó un incremento desde 1937 a 1950 (MAC, 1950) donde el ganado porcino era el principal rubro de la economía insular. Por disposición del Ministerio de Agricultura y Cría, desaparecieron los rebaños de cabras en todas las islas, la cual se dictó con el objeto de cortar de raíz el proceso de empobrecimiento de la vegetación local, por lo general muy escasa. Para 1950, en Margarita existían 1849,1ha de cultivos de ciclos cortos y 1.667,8ha de cultivos permanentes (MAC, 1950). Se propuso tecnificar el cultivo del maíz para incrementar su rendimiento, hasta resultar francamente remunerador. Diferentes tipos de plantas frutales requerían de profunda atención, como los nísperos, la patilla, la piña y cítricos.

No existe información pecuaria para este período; sin embargo, Nieto (1946) menciona que en la isla de Margarita, el ganado vacuno, caprino y ovino era producido en pequeñas cantidades, al igual que la cría de aves y cerdos.

SUPERFICIE AGRÍCOLA PARA EL PERÍODO 1993-2004

Dado que la información sobre la superficie para la agricultura en Margarita, fue muy escasa y difícil de obtener, se estableció el período 1993-2004 para realizar el análisis de su variación. Tampoco se dispuso de información de agricultura animal, y el análisis agrícola se basó en: 1) información histórica y estadística; 2) interpretación de imágenes satelitales del área de estudio.

Para el período 1972-2004 sigue prevaleciendo la agricultura de secano, debido a la escasez de agua y su dependencia del embalse de Turimiquire. En consecuencia, las variaciones espaciales de las áreas destinadas a la actividad se explican por la disponibilidad de agua en las pequeñas vegas de los ríos y algunas zonas planas. Para esta época, la agricultura vegetal se basa en la producción de cereales, frutales, leguminosas y hortalizas. Rubros como el tomate, la patilla y el melón, incrementaron su extensión en el último decenio, con fluctuaciones continuas. El único cereal que se cultiva en la isla, es el maíz, con una superficie cosechada para el 2004 de 10ha, siendo uno de los pocos rubros que ha disminuido a la mitad su extensión, pues para 1993 contaba con

20 ha. El frijol es la única leguminosa cultivada principalmente en Margarita con 20ha para el 2004, según cifras del Ministerio de Agricultura y Tierras (2011), no se registró superficie para rubros como la berenjena entre los años 1997 y 2003, sin embargo, para el 2004 este rubro suma 30ha. En cambio, el pimentón duplicó su superficie desde el año 1994 hasta el 2004; igual situación presentó el ají (Cuadro 15).

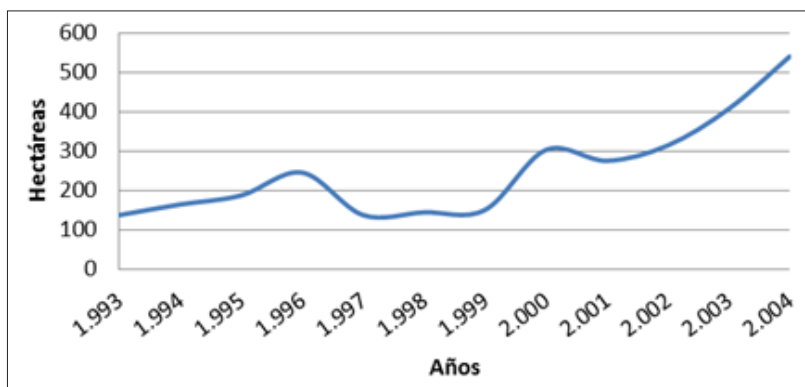
Cuadro 15. *Superficie cultivada (ha) de los rubros vegetales en la isla de Margarita*

Año	Rubro	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Cereales	Maíz	20	18	24	38	20	25	9	17	35	17	15	10
	Melón	30	35	33	46	30	31	22	70	51	82	95	103
Frutas	Patilla	22	29	34	39	22	22	22	70	59	68	128	106
	Frijol	19	13	14	21	19	10	7	25	20	5	6	20
Leguminosas	Berenjena	16	15	21	27	-	-	-	-	-	-	-	46
	Pimentón	-	20	12	-	13	12	14	6	26	22	14	42
	Tomate	30	34	38	59	19	26	45	69	50	65	60	93
	Ají	-	-	-	-	-	-	-	6	-	39	31	63
Hortalizas													
	Yuca	-	-	11	15	14	18	31	40	34	16	58	57
Tubérculos													
Sumatoria		137	164	187	245	137	144	150	303	275	314	407	540

Fuente: Elaboración propia.

Datos del Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (2011)

Es importante destacar que a pesar que la agricultura en la isla de Margarita no corresponde a una actividad de gran magnitud para su economía, desde el año 1993 hasta el 2004, la tendencia ha sido ascendente, quintuplicándose la superficie agrícola (Gráfico 2); los motivos de esta tendencia puede ser debido a la influencia de factores políticos, socioeconómicos, culturales, físicos, entre otros, que son objetos de estudio de investigaciones futuras y ajenas a esta investigación.

Gráfico 2. Superficie agrícola total de la isla de Margarita

Fuente: Elaboración propia. Datos del Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras

A partir de la aplicación del Índice de Dinámica Agrícola de Skasi et al (2006) se obtuvo la variación de la superficie agrícola en la isla de Margarita año a año (Cuadro 16) realizado como una verificación cuantitativa, a partir de datos de superficie cosechada. Sin embargo, los resultados obtenidos son aproximaciones, no fueron verificados en campo.

Cuadro 16. Variación en la Superficie cosechada de la isla Margarita. Resultados de la aplicación del IDAM

Año	Superficie cosechada	Variación de la superficie cosechada
1993	137	0
1994	164	16,5
1995	187	12,3
1996	245	23,7
1997	137	-78,8
1998	144	4,9
1999	150	4,0
2000	302,5	50,4
2001	275	-10,0
2002	314	12,4
2003	407	22,9
2004	540	24,6
Variación 1993-2004	-	74,6%

Fuente: Elaboración propia. Datos del Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras

Según los resultados de la aplicación del IDAM, se mostró desde el años 1993 hasta 1996 una tendencia ascendente, aumentando en un 23,7% (245ha). Para 1997, la superficie cosechada descendió en un 78,8% (137ha), para luego ascender. Del año 1996 al 1997 se observó un descenso de la superficie cosechada del 78,8% (137ha), situación que se repite en los años 2000 al 2001, disminuyendo en 10%, pasando de 303 ha a 275ha respectivamente. El máximo incremento de la superficie agrícola se observó en los años 1999 al 2000 con 50,4%, y partir de ese año la actividad agrícola se recuperó muy lentamente hasta el 2004, aumentando en 24,62%. A pesar que para el período 1993-2004, existieron variaciones en la superficie cosechada, en 12 años el cálculo del IDAM dio como resultado el aumento de la superficie en 74,6% (540ha). La escasa superficie agrícola de Margarita, indica que la agricultura, no es la actividad económica relevante de la isla. Posiblemente, estas parcelas estaban destinadas a cultivos de subsistencia o semi-comerciales.

La superficie agrícola ubicada en el tramo central de la isla de Margarita para 1993 como se puede observar en el mapa 5, desapareció para el 2004. Se estimó que este proceso se debió a la poca extensión de cada parcela (menor de 1ha) y al desarrollo de otras actividades. En el sector occidental de la isla de Margarita, específicamente en los centros poblados Boca del Pozo y San Francisco de Macanao, la superficie agrícola aumentó para el año 2004 con respecto a 1993.

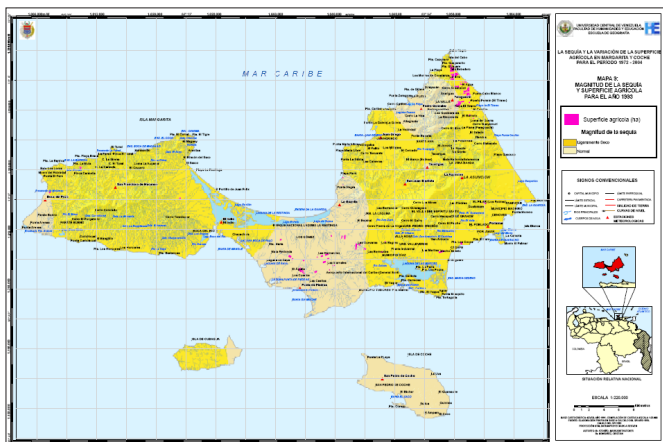
Mapa 5. Superficie agrícola año 2004



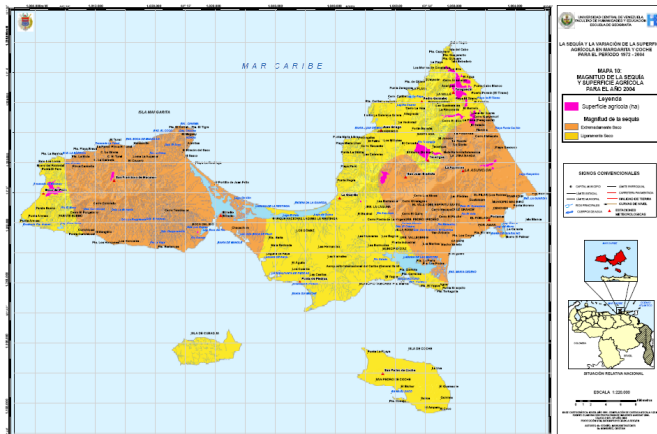
En síntesis, el paisaje agrario que existió en Margarita, no es comparable con la incipiente actividad agrícola del período de estudio, donde ha disminuido 84.64% entre 1950 y el año 2004 (cálculo del IDAM) indicando una gran pérdida de superficie dedica a la actividad agrícola vegetal; aunado a que en los últimos años, la economía de Margarita se ha basado en el turismo y en actividades del sector terciario.

INFLUENCIA DE LA SEQUÍA METEOROLÓGICA EN LA VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE AGRÍCOLA VEGETAL EN LA ISLA DE MARGARITA

Para analizar la influencia de la sequía meteorológica en la variación de la superficie agrícola vegetal. De acuerdo a lo observado en ambos mapas síntesis, la incidencia de la sequía se apreció en las exiguas áreas agrícolas para ambos años. La ausencia de lluvias implica no sólo la posibilidad de que exista sequía, sino que también podría acarrear la disminución de la superficie agrícola en una región. En la isla de Margarita, el régimen pluviométrico pudo haber afectado a la actividad agrícola en cuanto al tipo de agricultura desarrollada, y la inexistencia de importantes corrientes de agua permanentes, ha condicionado el desarrollo de la agricultura de secano, que supone ser una actividad de subsistencia o semi-comercial. De manera asombrosa, las evidencias sobre la influencia de la sequía en la variación de la superficie agrícola en el área de estudio son contrarias a la hipótesis de trabajo planteada originalmente, es decir, desde 1993 (mapa 6) la superficie agrícola se ha quintuplicado. Para este año, 113,6ha de superficie agrícola, se emplazaban en zonas afectas por la sequía ligera, ubicadas en la cercanía del centro poblado Paraguachí, al norte de la isla. En el tramo central, se ubicaban 35ha conformadas por pequeñas parcelas en áreas de condición norma.

Mapa 6. *Magnitud de la sequía y superficie agrícola año 1993*

Para el año 2004, (mapa 7) la superficie agrícola aumentó en un 74.6%, siendo una variación positiva de acuerdo al IDAM (Cuadro 18). 504,3ha de estas superficies (datos obtenidos por interpretación visual de las imágenes) se ubicaban al norte de la isla, en cercanías de los centros poblados Paraguachí, Tacarigua y al extremo occidental en cercanía del centro poblado Boca del Pozo; una particularidad de la ubicación de estas superficies, es que se emplazan en zonas menos afectadas por la sequía (ligeramente seco). En zonas extremadamente secas, se emplazan 50,7ha en las cercanías del centro poblado La Asunción y San Francisco de Macanao. En el tramo central de la isla, la superficie agrícola es inexistente. La sequía meteorológica no influye en la variación de la superficie agrícola vegetal de la isla de Margarita de forma directa, ya que dichas áreas aumentaron su superficie en zonas influenciadas por la sequía. Sin embargo, no es casual la ubicación de las áreas agrícolas, ya que se emplazan en zonas como valles, cercanías a cursos de ríos y quebradas y de los principales centros poblados, así como en zonas no afectadas por la sequía extrema, lugares cuyas condiciones climáticas son más favorables y la precipitación es más abundante. Sin embargo en comparación con las 3516.9 ha de cultivos vegetales existentes en Margarita para los años 50' con las 540 ha en el año 2004 indica una disminución evidente en la superficie agrícola vegetal.

Mapa 7. Magnitud de la sequía y superficie agrícola año 1993

En síntesis, la sequía meteorológica no influye directamente en la variación (aumento o disminución) superficial de las áreas agrícolas, pero la humedad del suelo y la distribución de las precipitaciones pueden determinar la ubicación de las mismas.

CONCLUSIONES

De la sequía: La condición natural seca y la variación de las precipitaciones en períodos húmedos y secos, coadyuvan a la incidencia e intensificación del fenómeno, pues se presenta un descenso marcado, continuo y prolongado de la precipitación y de las condiciones de humedad en el transcurso de 33 años. El estudio de la sequía, permitirá la planificación del espacio pues la generación de datos concretos y de la cartografía, sirve para que los entes pertinentes tomen medidas preventivas, mitigantes y correctivas. Según la aplicación del SPI, en la isla de Margarita existe el fenómeno de la sequía meteorológica, mostrando variaciones espaciales y temporales en la magnitud. El mes de mayo es el más seco, mientras que los meses de junio y diciembre son los más húmedos para todo el período. La sequía disminuye su magnitud con el transcurso del tiempo, considerada una región muy seca en períodos trimestral, mientras que anual y bianualmente, la isla se categoriza como normal, resaltando eventos extremos puntuales (húmedos o secos), y por tanto, no se prevé una sequía extrema prolongada en la isla.

De la variación en la superficie agrícola: la superficie agrícola en Margarita aumentó considerablemente para el período de estudio 1993-2004, rechazando la hipótesis sobre la disminución de la superficie que se elaboró concretamente para dicho período; sin embargo considerando y comparando con la superficie agrícola existente para mediados de los años 50', la superficie si ha disminuido en un 85% con respecto al año 2004, pudiendo decir que la sequía no es el único factor que ha influido en tal disminución. La sequía meteorológica no influye directamente en la variación de la superficie agrícola vegetal (aumento y disminución) en la isla de Margarita, pues aunque las superficies agrícolas aumentaron en regiones influenciadas por la sequía, y las parcelas que desaparecieron se encontraban de igual modo en regiones secas, la variación anual de la superficie agrícola puede ser debido a otros factores naturales y/o socioeconómicos que se deben estudiar a fondo.

APORTES A LA GEOGRAFÍA

La sequía es un tema poco tratado y estudiado en Venezuela, por ello, esta propuesta busca aportar conocimientos en relación con su ocurrencia en la isla de Margarita, incorporando nociones actuales y aplicando un método de uso universal como el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) contribuyendo con la ciencia geográfica, aplicable a cualquier región de Venezuela, además es muy sencillo y práctico, utilizando únicamente datos de precipitación con un mínimo de 30 años. Pero, es limitado su análisis pues no refleja todas las variables del balance hídrico. Se recomienda la utilización y aplicación de otro índice de sequía (como el Índice de la Severidad de la Sequía de Palmer), para así comparar los resultados y verificarlos.

Se debe fomentar investigaciones que expliquen profundamente las causas de la sequía en la isla de Margarita y sus posibles consecuencias no sólo en las actividades agrícolas, también en la física del suelo y en el sistema hidrológico de la isla. La planificación y ordenamiento del territorio a nivel regional, necesitan del conocimiento de la situación actual en relación con el uso agrícola del suelo, dadas sus implicaciones socio-económicas. En este sentido, las políticas y decisiones, requieren del rápido acceso a la información y a la integración de datos actualizados.

La estimación de la superficie agrícola podría ser utilizada para planificar, mejorar la asignación de recursos y garantizar la seguridad alimentaria, al menos de sus habitantes. Así, el conocimiento del nivel y grado de afectación de las áreas agrícolas por la sequía, serviría de partida para que los organismos pertinentes realicen acciones que contribuyan a mejorar esta realidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cadena, M. (2005). *Estudio de diversos índices de sequía para la región Caribe colombiana*. Tesis para optar el título de Magíster en Ciencias-Meteorología. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Colotti, E. (2004). *Aplicabilidad de los datos de lluvia horaria en el cálculo de la erosividad*. Universidad Central de Venezuela. Fondo Editorial de Humanidades y Educación. Trabajo de Ascenso. Caracas: Venezuela.
- FAO. (2007). *El cambio climático, el agua y la seguridad alimentaria*. [Artículo en línea. Consultado el 15 de marzo de 2011. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0142s/i0142s07.pdf>]
- Franco, W. (1989). *Enfoque metodológico para el análisis de la variabilidad temporoespacial de la precipitación: Sector Los Caracas-Mamo*. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela. Caracas: Venezuela.
- Guevara, J. (2004). *Meteorología*. Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas: Venezuela.
- Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar. (1983). *Normas de Cartografía Nacional*. [Consulta en línea: 12 de marzo de 2011. Disponible en: <http://www.igvsb.gov.ve/web2010/>]
- Komuscu, A. (1999). *Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey*. Drought Network News 11(1): 7-13. [Artículo en línea. Consultado el 3 de marzo de 2010. Disponible en: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1048&context=droughtnetnews&sei-redir=1#search=%22Using+the+SPI+to+analyze+spatial+and+temporal+patterns+of+drought+in+Turkey.%22>]
- McKee, T; Doesken, N y Kleist, J. (1993). *The relationship of drought frequency and duration to time scale*. XVIII Conference on Applied Climatology. California. Colorado State University 17-22. EEUU. [Artículo en línea. Consultado el 3 de marzo de 2010. Disponible en: <http://ccc.atmos.colostate.edu/relationshipofdroughtfrequency.pdf>]

- Nieto, L. (1946). *Agricultura en el estado Nueva Esparta*. Editorial: Tipografía Garrido. Caracas: Venezuela. 24 p.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM) (1979). *La Conferencia Mundial sobre el Clima*. Ginebra: Suiza. [Artículo en línea. Consultado el 10 de marzo de 2011. Disponible en: <http://desarrollosostenible.wordpress.com/primer-conferencia-mundial-del-clima-organizada-por-la-omm/>]
- Organización Meteorológica Mundial. (1992). *La Conferencia Mundial sobre el Clima*. En Boletín de la OMM, XXVIII. N° 3. Ginebra: Suiza.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. New York: EE.UU. [Artículo en línea. Consultado el 10 de marzo de 2011. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>]
- Paredes, F; Millano, J y Guevara, E. (2008). *Análisis espacial de las sequías meteorológicas en la región de Los Llanos de Venezuela durante el período 1961-1996*. 8: 15-27
- Panofsky, H y Brier, G. (1958). *Some applications of statistics to meteorology*. Mineral Industries Extension Services. College of Mineral Industries. Pennsylvania State University (University Park, Pa) 224 p.
- Palmer, W. (1965). *Meteorological Drought*. U.S. Department of Commerce. Washington: United States of America. [Artículo en línea. Consultado el 12 de noviembre de 2010. Disponible en: <http://www.wunderground.com/hurricane/2010/rwc/20100730/QC852U55no45.pdf>]
- Pita, M; Del Pino, J. y García, I. (2000). *La Sequía en Andalucía. Una aproximación a su análisis y evaluación ambiental*. Andalucía: España. [Artículo en línea. Consultado el 3 de febrero de 2010. Disponible en: <http://dialnet.uniroja.es/>]
- Rodríguez, J. (1986). *Proposición y evaluación de conocimientos teóricos y de procedimientos cuantitativos aplicables en climatología en el estudio geográfico regional*. Tesis de Maestría en Geografía. Facultad de Humanidades y Educación. Caracas: Venezuela.
- Serio, L; Martin, P y Murphy, G. (2010). *Evaluación de una metodología de pronóstico estadístico para la condición hídrica del suelo en la región pampeana argentina*. Agriscientia. VOL. XXVII: 11-17.
- Skansi, M; Núñez, S; Berríos, S. y Podestá, G. (2006). *Un nuevo producto operacional para monitorear la ocurrencia y duración de períodos secos y húmedos usando el Índice de Precipitación Estandarizado*. XI Reunión Argentina de Agrometeorología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de

La Plata, La Plata, Argentina, 6-8 [Artículo en línea. Consultado el 8 de marzo de 2011. Disponible en: http://yyy.rsmas.miami.edu/groups/agriculture/pubs/meetings/posters/IPE_agrometeorologia_2006.pdf

Thom, H. (1958). *A note on the Gamma distribution*. Monthly Weather Review. 86: 117-122.

Vila, M. (1958). *Aspectos geográficos de Nueva Esparta*. Editorial: Corporación Venezolana de Fomento, Sub Gerencia de Servicios Técnicos. Venezuela. 378 p.

Volante J; Bianchi A; Paoli H; Noé, Y; Elena, H y Cabral, C. (2005). *Análisis de la dinámica del uso del suelo agrícola del noroeste argentino mediante teledetección y sistemas de información geográfica periodo 2000-2005*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 64 p. Argentina. [Artículo en línea. Consultado el 2 de febrero de 2011. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/prorenea/zonadescarga/uso_suelo/Analisis_de_la_dinamica_del_uso_del_suelo.pdf]

Colotti Eva. Profesora asistente de la Escuela de Geografía, UCV. Directora (actual) de la Escuela de Geografía, UCV. Magister Scientiarum en Climatología. Candidata a Phd. Tesis entregada para su defensa. evacolotti@hotmail.com

Cedeño Margareth. Licenciada en Geografía, Universidad Central de Venezuela. margaret_cedeno@hotmail.com

Montañez Cristian. Licenciado en Geografía Universidad Central de Venezuela montanes_cris@hotmail.es
